

Luiz Drude de Lacerda* e Rozane Valente Marins

Instituto de Ciências do Mar, Universidade Federal do Ceará, 60165-081 Fortaleza – CE, Brasil

Recebido em 14/9/09; publicado na web em 25/3/10

SCIENTIFIC PRODUCTIVITY OF THE CHEMISTRY SECTOR TO THE DEVELOPMENT OF OCEANOGRAPHY IN BRASIL. This paper analyses the scientific contribution of chemists and of the Brazilian Chemical Society (SBQ) and its publications to the development of Oceanography in Brazil, as well as major drivers of this participation. A total of 528 articles were analyzed. Most articles (72%) originated in research groups not associated with graduate programs in oceanography. Nearly 50% dealt with the contamination of the marine environment, followed by chemical process studies (32%) and analytical methods development (15%). SBQ journals contributed with 78 articles (14.7% of the total), and rank 1st (QN) and 2nd (JBCS) among scientific journals publishing the analyzed articles.

Keywords: scientific publications; oceanography; citations.

INTRODUÇÃO

A participação da área de Química na produção de conhecimento no âmbito da Oceanografia no Brasil é relativamente recente, porém vem se mostrando uma das principais vertentes dos avanços científicos no entendimento do funcionamento dos oceanos. Curiosamente, entretanto, um dos primeiros passos no desenvolvimento da indústria química no Brasil envolveu saber relacionado às ciências do mar: o desenvolvimento no início do século XIX de um processo industrial de produção de sabão duro baseado na extração de álcalis de folhas de manguezais amplamente destruídos no litoral tropical brasileiro. Em 25 de janeiro de 1812, D. João VI, Príncipe Regente de Portugal e Brasil, fundou o Laboratório Químico Prático do Rio de Janeiro, tendo como missão a descoberta das diferentes aplicações comerciais e industriais dos materiais naturais existentes nas colônias portuguesas com o objetivo de diminuir a dependência de produtos importados.¹ Um dos primeiros projetos do Laboratório, sob responsabilidade do Bacharel e Padre Francisco Viera Goulart (1765-1839), membro da Academia de Ciências de Lisboa, foi o processo de produção de sabão duro de qualidade usando cinzas de plantas de manguezal, ricas em NaOH.^{2,3} Os usos potenciais de insumos obtidos do mar continuaram sendo objeto de pesquisas práticas por todo o século XVIII até a segunda metade do século XIX, sendo exemplo emblemático destes estudos a *Alographia dos Alkalis* publicada por Frei Conceição Velloso, em 1797.⁴ A partir do século XIX a maior parte dos trabalhos oceanográficos é incorporada à Marinha do Brasil, porém com foco eminentemente hidrográfico, visto a necessidade do mapeamento detalhado da costa brasileira. Nas primeiras décadas do século XX, ocorre um aumento do interesse pelas propriedades químicas e processos químicos dos mares, seus efeitos sobre a biota e recursos pesqueiros e a qualidade ambiental. Destacam-se na primeira metade do século os estudos desenvolvidos no Rio de Janeiro e em São Paulo pelos Institutos Oswaldo Cruz e Adolfo Lutz, respectivamente, porém com foco nas ciências biológicas, desenvolvidos por sanitaristas e biólogos, com a coleta de dados químicos desempenhando papel meramente acessório.

Em 1934 a pesquisa Oceanográfica no País é institucionalizada com a fundação do Instituto Oceanográfico Brasileiro, que inaugura a interação com instituições de pesquisa e universidades que passam a fazer parte de seu programa de pesquisas oceanográficas, sob orien-

tação do Vice-Almirante Jorge Dodsworth Martins quando convidados cientistas civis passam a participar em seus cruzeiros hidrográficos,^{5,6} iniciando assim o *modus operandi* da oceanografia moderna no Brasil. O Instituto infelizmente é efêmero, embora seja considerado o *Marco Zero* da oceanografia brasileira. Segue-se a fundação do Instituto Paulista de Oceanografia (1946), posteriormente (1951) incorporado à USP como Instituto Oceanográfico e, já na década de 1950, a expansão dos trabalhos da Diretoria de Hidrografia e Navegação da Marinha do Brasil, no Rio de Janeiro.

Atualmente, a Oceanografia no Brasil, entendida como a “*área do saber que se dedica à produção e disseminação de conhecimento sobre os componentes, processos e recursos do ambiente marinho e zonas de transição*”,⁷ caracteriza-se como uma disciplina desenvolvida historicamente e, ainda hoje, fortemente associada às Ciências Biológicas. Os principais programas de pós-graduação na área, por exemplo, têm em sua maioria a Oceanografia Biológica como área de concentração principal. Entretanto, em recente levantamento sobre a produção científica da pós-graduação em Oceanografia no Brasil no período 1998-2006,⁸ um dado até certo ponto inesperado foi a significativa participação da área de Química na produção científica qualificada no âmbito da Oceanografia. Este levantamento, entretanto, não levou em consideração a produção científica de pesquisadores fora dos programas de pós-graduação em Oceanografia. Embora esta participação seja reconhecida tanto em fóruns nacionais quanto internacionais e não ocorra apenas na produção científica levada a cabo por profissionais químicos, mas também na disseminação de resultados em periódicos nacionais específicos da área de química. A *Química Nova* e o *Journal of the Brazilian Chemical Society* foram listados entre os 10 periódicos que mais veiculam a produção científica da pós-graduação em Oceanografia no Brasil.⁸

A Oceanografia no País passa por uma expansão sem precedentes, que tem exigido o desenvolvimento de ferramentas de fomento e capacitação de recursos humanos cada vez mais abrangentes. Entretanto, é notável a virtual ausência de químicos no planejamento destes esforços, o que torna evidente a necessidade de um levantamento mais profundo sobre a magnitude da contribuição da Química e de seus profissionais na área de Oceanografia no Brasil, a fim de subsidiar a eventual participação destes profissionais no seu planejamento e gestão. Neste trabalho, portanto, é apresentada uma quantificação da contribuição científica da Química à Oceanografia no Brasil, analisada qualitativamente onde e como ocorre esta contribuição, seu impacto

*e-mail: ldrude@pq.cnpq.br

#Conferência convidada, proferida na 32^a RASBQ, Fortaleza – CE, 2009.

científico ao nível internacional e, finalmente, a discussão de algumas causas prováveis para a crescente presença da Química na produção científica em Oceanografia no Brasil.

Metodologia

O procedimento adotado para a geração da base de dados a ser avaliada teve como pontos focais: i) o “Caderno Indicadores” dos cursos de pós-graduação em oceanografia no Brasil disponibilizado pela CAPES (www.capes.gov.br/cursos-recomendados); ii) as coleções completas de *Química Nova* e do *Journal of the Brazilian Chemical Society*, disponibilizados pela SBQ (<http://quimicanova.s bq.org.br> e <http://j bcs.s bq.org.br>); e iii) a Plataforma Lattes de currículos, disponibilizada pelo CNPq (<http://lattes.cnpq.br>).

Na base de dados da CAPES foram selecionados os pesquisadores com formação em química atuando nos programas de pós-graduação em Oceanografia e computada sua produção científica divulgada na plataforma Lattes. Nos periódicos da SBQ, foram computados trabalhos na área de ciências do mar, independente da origem e/ou formação de seus autores. Entretanto, a lista final mostrou que todos os textos selecionados exibiam pelo menos um autor com formação química. Na plataforma Lattes, foram acessados currículos a partir das palavras chave: oceanografia química, química marinha, poluição marinha e geoquímica marinha, gerando cerca de 300 pesquisadores. Da lista gerada, foram selecionados apenas aqueles com formação na área de química, (Química, Química Industrial e Engenharia Química) e, então, computada sua produção científica total relacionada à oceanografia.

Para cômputo da origem institucional da produção foi selecionada a instituição do primeiro autor de formação química de um dado trabalho. Foram considerados apenas trabalhos publicados em periódicos. Não foram computados trabalhos que utilizaram métodos químicos para fins de outras áreas, e.g. quimio-taxonomia de organismos, toxicologia *in vitro* de produtos extraídos do mar, bioquímica de organismos e produtos naturais marinhos. A lista completa encontra-se disponibilizada no material suplementar. Nas listagens de trabalhos geradas tomou-se extremo cuidado para evitar duplicação de trabalhos publicados, uma vez que é bastante comum a cooperação entre pesquisadores da área.

A PARTICIPAÇÃO DE QUÍMICOS NA OCEANOGRAFIA NO BRASIL

Profissionais da área de química atuam na oceanografia tanto em programas de pós-graduação e graduação em ciências marinhas como realizando pesquisas em oceanografia em instituições não diretamente voltadas à oceanografia, em geral institutos ou departamentos universitários e/ou de pesquisa em química. Atualmente existem 14 cursos de pós-graduação em oceanografia e ciências do mar no Brasil e, associados a estes grupos, encontram-se também todos os cursos de graduação (6). Dos 14 programas apenas 12 possuem informações detalhadas no portal da Avaliação da CAPES; os demais ainda são cursos novos e não têm suas informações disponibilizadas. Entretanto, caso um pesquisador químico associado a qualquer destes cursos possua dados na base Lattes, este também foi computado neste estudo como participante da área. Ressalta-se novamente que foram considerados apenas aqueles pesquisadores cuja formação básica foi na área de química; não foram aqui considerados profissionais de outras áreas que obtiveram alguma titulação ao nível de pós-graduação na área de química, uma vez que em sua grande maioria, suas linhas de pesquisa continuam com forte viés de suas áreas de formação básica.

Apenas 7 dos cursos avaliados possuem profissionais químicos em seu corpo docente permanente, o que aponta para a necessidade de

especialistas na área da oceanografia química para suprir esta lacuna. Não foram considerados aqui docentes colaboradores e/ou visitantes. Participam destes cursos 14 profissionais químicos, distribuídos na USP (4); UFPE (3); UFC (2); UFES (2); UFPR (1); FURG (1) e UERJ (1). O total de docentes permanentes nestes cursos de pós-graduação é de cerca de 190, portanto, a participação de profissionais da área de química é de 7,4% apenas, caracterizando uma vez mais que a formação formal em oceanografia química no Brasil é potencialmente reprimida. Não foi possível avaliar com precisão o percentual desta produção em relação ao total dos cursos de oceanografia, uma vez que os últimos dados disponíveis no sistema CAPES são de 2006, enquanto que os utilizados neste estudo incluem as publicações mais recentes disponibilizadas na base Lattes até março de 2009. Entretanto, uma avaliação da produção científica destes programas de pós-graduação no período 1998-2006,⁸ concluiu que a área de química contribuiu com 11,2% da produção científica qualificada da área, isto é, incluindo-se apenas periódicos considerados pela CAPES na época como Qualis A, sugerindo uma produtividade elevada destes docentes em relação ao seu número total atuante na pós-graduação em Oceanografia.

No atual levantamento que inclui trabalhos publicados após 2006, são listados 150 trabalhos com autoria de profissionais da área de química atuando nos cursos de pós-graduação em oceanografia, cerca de 70% destes trabalhos foram veiculados em periódicos Qualis A. Os programas da USP e UFPE, mais antigos e com mais profissionais químicos em seu corpo docente, são responsáveis por 72,6% da produção total em oceanografia química originada nos programas de pós-graduação (Tabela 1). Por outro lado, a produtividade por programa apresenta uma distribuição variando de 0,1 a 1,6 publicações/docente/ano, não mostrando correlação com o número de químicos atuando em cada curso, nem com o tempo de existência do curso. Este resultado espelha, de forma geral, a produtividade dos cursos quando levado em consideração o total de seus corpos docentes.

Tabela 1. Distribuição da produção científica por instituição originada nos profissionais da área de química atuando em programas de pós-graduação na área de oceanografia

IES (início do curso)	UFPR (2006)	USP (1973)	FURG (1979)	UFES (2006)	UFPE (1981)	UFC (2001)	UERJ (2006)	Total
Pesquisadores químicos	1	4	1	2	3	2	1	14
Total de publicações	3	62	5	9	47	23	1	150
Publicação/ Docente/Ano	1,0	0,4	0,1	1,6	0,6	1,6	0,3	0,8

A produção científica dos profissionais químicos em instituições sem vinculação permanente com a pós-graduação em oceanografia é listada na Tabela 2. A produção total de 328 artigos é originada em institutos e departamentos que não possuem programas de pós-graduação na área de ciências do mar. Os institutos de química da PUC no Rio de Janeiro e UFSC são responsáveis por até 37,8% do total. Instituições não universitárias no âmbito da CNEN (IRD-RJ e IPEN-SP) são responsáveis por uma parcela significativa desta produção (10,8% do total). Das 11 instituições, responsáveis por 90% da produção científica, apenas 2 possuem cursos na área de oceanografia (UFF e UFPA), porém não vinculados aos departamentos responsáveis pela produção computada na Tabela 2. Este dado é extremamente relevante, uma vez que embora estas 11 instituições estejam recorrentemente representadas nos diversos comitês de fomento à pesquisa, inovação e formação de pessoal, o mesmo não é verdadeiro no âmbito do MCT, CAPES, PPGMAR e do MMA na esfera das necessidades da área das ciências do mar. Exceção à regra é CNPq que em seu comitê de

Oceanografia os representantes são indicados pela comunidade da área independentemente de suas formações originais, o que via de regra tem incluído profissionais químicos neste comitê. Como resultado desta situação, as necessidades inerentes à área de Oceanografia Química no âmbito daquelas agências muito possivelmente não estão sendo avaliadas de forma completa.

Tabela 2. Distribuição da produção científica por instituição originada nos profissionais da área de química atuando fora de programas de pós-graduação na área de oceanografia

Instituição	Número de trabalhos	% do total
IQ-PUC-RJ	92	24,3
IQ-UFSC	51	13,5
IQ-UFF	41	10,8
IQ-UFBA	30	7,9
IQ-UFRJ	26	6,9
IRD-CNEN-RJ	25	6,6
IBCCF-UFRJ	21	5,6
IPEN-CNEN-SP	16	4,2
IQ-UFSE	14	3,7
IQ-UNICAMP	13	3,4
IGEO-UFPA	11	2,9
Outros (17)	38	10,1
Total	378	100,0

Outra diferença significativa entre os dois grupos de pesquisadores é a grande desigualdade regional verificada nas instituições fora da pós-graduação em ciências do mar, que tem 85% da produção do período avaliado originada nas regiões sul e sudeste, o que reflete o padrão da área de química. Este padrão não se verifica entre os pesquisadores dos cursos em ciências do mar, que apresentam a produção distribuída uniformemente entre instituições nas regiões sul-sudeste e norte-nordeste, como já apontado anteriormente.⁸

A Tabela 3 apresenta a distribuição por subárea da produção científica avaliada. A área dominante destes estudos nos dois grupos de profissionais químicos, originada dentro e fora dos cursos de pós-graduação em oceanografia, é a contaminação ambiental marinha totalizando 84 (56,0%) e 167 (44,2%) artigos, respectivamente. Estes artigos estão distribuídos em todos os seus aspectos, principalmente a contaminação por metais (total de 138 artigos), claramente a classe de contaminantes preferencial. Uma avaliação dos metais estudados mostra que o fator determinante da escolha é um dado metal e sua relevância ambiental e toxicologia, não sendo levados em conside-

ração propriedades ou processos químicos específicos de relevância oceanográfica. Por exemplo, dos 138 artigos publicados sobre o comportamento químico de metais no meio marinho, 45 são trabalhos que focam exclusivamente o mercúrio, seguido pelo chumbo (10 trabalhos), cromo e estanho (8 trabalhos) e cádmio e cobre (6 trabalhos). Incluem-se também 14 trabalhos sobre a distribuição e concentração de isótopos radioativos. O segundo grupo de contaminantes mais estudados é representado pelos derivados de petróleo (50 artigos), seguido por processos de contaminação gerados pela urbanização, que resultam em carga excessiva de nutrientes e disposição inadequada de águas servidas e de resíduos sólidos urbanos (40 artigos). A contaminação por pesticidas é abordada por um número bem menor de trabalhos (23 artigos).

Os dois grupos de profissionais apresentam distribuição entre subáreas da contaminação ambiental relativamente similar, embora a contaminação por pesticidas seja objeto de estudo claramente mais importante para os químicos envolvidos na pós-graduação em oceanografia, resultado até certo ponto paradoxal considerada a complexidade da determinação destes contaminantes ambientais.

O estudo de processos oceanográficos químicos envolvendo tanto a coluna d'água, a atmosfera e o ambiente sedimentar é a segunda área mais significativa totalizando 38 (25,3%) e 129 (34,1%) artigos. Segue-se o desenvolvimento de métodos analíticos - 17 (10,6%) e 63 (16,7%) artigos - e a caracterização de massas de águas costeiras e oceânicas, através de suas propriedades químicas - 11 (7,3%) e 18 (4,8%) artigos - como as outras áreas de atuação de profissionais químicos envolvidos e não envolvidos nos programas de pós-graduação em oceanografia, respectivamente. Estas áreas mostram diferenças significativas entre os dois grupos. Enquanto que a caracterização de massas d'água, assunto de interesse eminentemente oceanográfico, é relativamente mais representado por químicos atuando na pós-graduação em oceanografia, o desenvolvimento de métodos analíticos é tipicamente uma área dos grupos de química não envolvidos com a pós-graduação em ciências do mar. O desenvolvimento de métodos e técnicas analíticas para determinações de substâncias e elementos traço de interesse ambiental ou toxicológico, que se tornaram cada vez mais exatas e confiáveis, possibilitaram a detecção multielementar simultânea em diversos ambientes marinhos. Estes avanços, ocorridos particularmente a partir da década de 1990, possibilitaram a realização de estudos mais integrados, necessários à plena compreensão dos fenômenos e processos oceanográficos.

A distribuição dos trabalhos entre os dois grupos de pesquisadores por região marinha onde foram desenvolvidos é apresentada na Tabela 4. Do total de trabalhos a maioria nos dois grupos (93 artigos, 62,0% e 210 artigos, 55,6%) foi realizada em áreas costeiras. Bem

Tabela 3. Distribuição da produção científica por área e subárea de atuação originada nos profissionais químicos atuando na área de oceanografia

Origem	Na pós-graduação em Oceanografia		Fora da Pós-graduação em Oceanografia		Total	
	No. de trabalhos	% do total	No. de trabalhos	% do total	No. de trabalhos	% do total
Assunto						
Contaminação Ambiental e da Biota	84	56	167	44,2	251	47,7
Nutrientes, lixo & esgoto	21		19		40	
Derivados de petróleo	25		25		50	
Pesticidas	16		7		23	
Metais	22		116		138	
Desenvolvimento de métodos	17	11,3	63	16,7	80	15,2
Orgânicos	9		8		17	
Inorgânicos	8		53		61	
Processos oceanográficos & sedimentares	38	25,3	129	34,1	167	31,6
Caracterização de massas d'água	11	7,4	18	4,9	29	5,5
Total	150	100	378	100	528	100

menos numerosos são os trabalhos realizados na região oceânica (21 artigos, 14,0% e 86 artigos, 22,8%), de profissionais químicos envolvidos e não envolvidos nos programas de pós-graduação em oceanografia, respectivamente. Novamente, embora aparentemente paradoxal, as instituições não ligadas diretamente às ciências do mar apresentam maior atuação em áreas oceânicas, onde se faz necessária a disponibilidade de meios flutuantes sofisticados. Parte da explicação deste resultado é a intensa participação dos institutos de química nos esforços da PETROBRAS em prospecção e monitoramento marinho e, também, a participação de grande parte destes grupos de pesquisa em importantes programas oceanográficos internacionais, incluindo o *International Deep Sea Drilling Project*,⁹ Comissão Oceanográfica Intergovernamental (IOC UNESCO) e *International Atomic Energy Agency* (IEAA).¹⁰⁻¹²

Tabela 4. Distribuição da produção científica por local de estudo originada nos profissionais químicos atuando na área de oceanografia

Área	Na pós-graduação em Oceanografia		Fora da Pós-graduação em Oceanografia		Total	
	No. de artigos	% do total	No. de artigos	% do total	No. de artigos	% do total
Região costeira	93	62,1	210	55,6	303	57,4
Região oceânica	21	14,0	86	22,6	107	20,3
Antártica	16	10,6	2	0,6	18	3,4
Experimental	20	13,3	80	21,2	100	18,9
Total	150	100,0	378	100,0	528	100,0

Os estudos experimentais realizados em laboratório totalizaram 20 (13,3%) e 80 (21,2%) artigos, incluindo o desenvolvimento de métodos analíticos. A participação de pesquisadores químicos fora dos cursos de oceanografia é dominante neste grupo de estudos, como esperado. O restante dos artigos (16, 10,7% e 2, 0,1%) inclui pesquisas realizadas no continente Antártico, o que mostra a intensa participação da área da química dos cursos de pós-graduação junto ao Programa Antártico Brasileiro. Por outro lado, é muito pequena a atuação dos químicos fora dos programas em ciências do mar no Programa Antártico Brasileiro, embora seja óbvia a sua importância. Em síntese, a distribuição da produção científica demonstra que a contribuição da química à oceanografia não é restrita ao desenvolvimento de métodos e técnicas, como esperado por sua evolução histórica de associação à oceanografia biológica, mas efetivamente na compreensão de processos oceanográficos.

A Figura 1 apresenta a distribuição dos trabalhos publicados ao longo dos últimos 30 anos. É evidente o caráter bastante recente da produção química em oceanografia no Brasil, independente do local de atuação destes profissionais. Comportamento similar tem sido registrado em outras áreas relativamente recentes no Brasil como a Limnologia, por exemplo.¹³ Mais de 70% dos trabalhos foram publicados nos últimos 15 anos e antes de 1980 a produção científica deste grupo de profissionais e instituições era muito pequena, totalizando apenas 19 artigos. Além disso, a produção mais antiga é praticamente restrita aos periódicos dos cursos mais antigos de oceanografia do país e são, via de regra, trabalhos de caracterização química de massas d'água em estudos e projetos voltados para investigação de biologia marinha e pesqueira e, conseqüentemente, tiveram pouca repercussão na área. No geral, a produção científica aumenta em cerca de 20% ao ano até o início da presente década (Figura 1), superior a maioria das demais áreas científicas no país.¹⁴ Entretanto, provavelmente refletindo a falta de uma política específica para a área, o total da produção mostra uma diminuição sensível do crescimento da produção científica na área nos últimos anos.

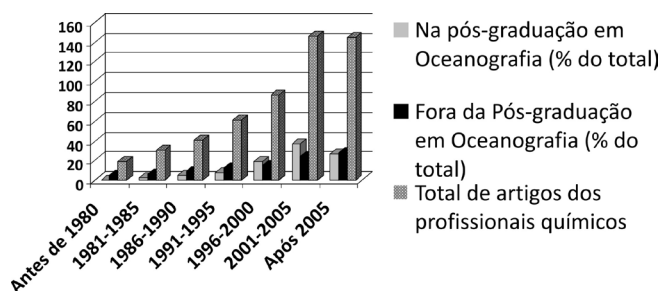


Figura 1. Distribuição da produção científica por período originada nos profissionais químicos atuando na área de oceanografia

Os pesquisadores químicos atuando em oceanografia no país divulgaram seus trabalhos em 144 periódicos, 39 nacionais e 105 estrangeiros. Entretanto, apenas 25 títulos foram responsáveis pela publicação de 65% (337 artigos) da produção total (Tabela 5). Os demais 119 periódicos publicaram menos de 1,6 artigos por título. Portanto, somente os 25 periódicos principais serão avaliados em detalhe. Destes, 16 são estrangeiros, com 174 artigos (51,6%) e 9 nacionais com 163 artigos (49,4%). Não evidenciando, portanto, preferência por origem do periódico. As revistas da SBQ publicaram um total de 78 dos artigos respondendo, portanto, pela divulgação de 23,1% da produção total desses profissionais nos 25 periódicos principais e por 47,9% dos artigos veiculados em periódicos brasileiros. Esta expressiva participação dos periódicos da SBQ justifica um detalhamento desta produção (Tabela 6). Afora os periódicos da SBQ, *Marine Pollution Bulletin* (36 artigos) e *Science of the Total Environment* (24 artigos) foram os principais veículos de divulgação estrangeiros utilizados, seguidos pelas revistas publicadas pelos dois programas mais antigos de oceanografia do País: *Tropical Oceanography* (UFPE), com 22 artigos e *Brazilian Journal of Oceanography* (USP), com 19 artigos. Em termos quantitativos, a escolha dos periódicos para divulgação da pesquisa química em oceanografia concorda com a principal área de atuação de seus profissionais, ou seja, a contaminação dos ambientes marinhos, e reforça a gravidade dos problemas ambientais existentes no mar brasileiro, incluindo a Antártica.

A PARTICIPAÇÃO DOS PERIÓDICOS DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE QUÍMICA

A expressiva participação dos periódicos da SBQ justifica um detalhamento desta produção. A contribuição da SBQ, através de seus periódicos, ao conhecimento da química do mar no Brasil tem sido expressiva; mesmo incluindo os periódicos publicados pelos institutos e departamentos de oceanografia, as duas revistas da SBQ respondem pela maior quantidade de artigos publicados, seja em revistas brasileiras ou estrangeiras. Da mesma forma que para a grande área da química,¹⁵⁻¹⁷ os elevados fatores de impacto dessas publicações, sua divulgação eletrônica aberta e gratuita e sua indexação nos principais veículos de referência bibliográfica do mundo também contribuíram significativamente para aumentar a visibilidade das ciências do mar no Brasil.

Em conjunto, os dois periódicos publicaram 78 trabalhos voltados às ciências do mar. A maior parte dos artigos publicados (~80%) é bastante recente, tendo sido publicada nos últimos 6 anos apenas. *Química Nova* (QN) estreou nas ciências do mar logo em seu primeiro volume em 1978,¹⁸ enquanto o *Journal of the Brazilian Chemical Society* (JBACS) publicava o primeiro trabalho na área em seu volume 4, em 1993.¹⁹ Paradoxalmente, uma revisão do perfil da pesquisa química no Brasil, publicado na própria QN em 1979, não menciona a química marinha entre seus principais setores de aplica-

Tabela 5. Distribuição da produção científica por periódico originada nos profissionais da área de química atuando na área de oceanografia

Origem	Na pós-graduação em Oceanografia	Fora da Pós-graduação em Oceanografia	Total
Periódico	Número de artigos		
Química Nova	10	32	42
Journal of the Brazilian Chemical Society	8	28	36
Marine Pollution Bulletin	21	15	36
Science of the Total Environment	4	20	24
Tropical Oceanography	17	5	22
Brazilian Journal of Oceanography	14	5	19
Marine Chemistry	1	14	15
Organic Geochemistry	0	13	13
Geochimica Brasiliensis	3	10	13
Ciência & Cultura	1	11	12
Journal of Coastal Research	5	6	11
Journal of Environmental Radioactivity	0	9	9
Anais da Academia Brasileira de Ciências	4	4	8
Environmental Technology	0	8	8
Marine Environmental Research	0	7	7
Environmental Pollution	0	7	7
Fresenius Journal of Analytical Chemistry	3	4	7
Spectrochimica Acta. Part B, Atomic Spectroscopy	1	5	6
Journal of Analytical Atomic	0	6	6
Analytica Chimica Acta	0	6	6
Estuarine Coastal & Shelf Science	1	7	8
Brazilian Journal of Biology	1	5	6
Analytica Chimica Acta	0	6	6
Brazilian Archives of Biology and Technology	4	1	5
Environmental Science & Pollution Research	1	4	5
Total	99	238	337
% do total	66	63	64

ção.²⁰ A partir da década seguinte, entretanto, a preocupação com a questão ambiental se intensifica e torna-se evidente no país quando da segunda reunião da ONU sobre meio ambiente, realizada no Rio de Janeiro em 1992. A *QN*, atenta às prioridades do País, publica o número 2 de seu volume 15 voltado totalmente para as questões ambientais. Este número apresenta introdução concisa, porém precisa, de Etelvino Bechara (IQ-USP)²¹ e dois outros importantes trabalhos que

sintetizam o conhecimento e a importância dos estudos ambientais nos mares e oceanos, particularmente os aspectos da contaminação ambiental.^{22,23} Tal fascículo de *QN* pode ser considerado como um marco no envolvimento da SBQ com questões ambientais e, particularmente, com as ciências do mar. Neste mesmo número, uma análise de 241 trabalhos apresentados em recentes reuniões sobre química ambiental promovidas pela SBQ, mostrou 17,1% dos trabalhos referentes à hidrosfera, incluindo os mares e oceanos.²⁴

A Tabela 6 apresenta a distribuição dos 78 artigos publicados em *QN* e *JBCS* por subárea de atuação. A principal subárea, com 65,4% dos artigos publicados, de forma semelhante ao verificado na produção geral dos produzidos por profissionais químicos atuando nas ciências do mar, envolve o estudo da dinâmica de contaminantes no meio ambiente marinho e estuarino. Destes, o comportamento de metais em áreas costeiras e oceânicas é o principal tópico abordado. Este padrão é também similar ao da química ambiental no Brasil.²⁴ O desenvolvimento de métodos aparece como a segunda principal área de atuação (26,9% dos trabalhos), seguido por estudos de processos químicos marinhos (7,7%).

As instituições que mais utilizaram as revistas da SBQ como veículos de divulgação de seus resultados de pesquisa em química do mar são apresentadas na Tabela 7. Três instituições, os Institutos de Química da UFF, UFSC e PUC-RJ são as mais presentes nas páginas das duas revistas, da mesma forma que quando no cômputo geral da produção. Centros não universitários de pesquisa e outras 32 universidades brasileiras estão representados nas duas revistas. É interessante ressaltar a participação de instituições estrangeiras publicando na área de ciências do mar e oceanografia em *QN* e

Tabela 6. Distribuição por subárea de atuação publicados em *Química Nova* e no *Journal of the Brazilian Chemical Society*

Artigos	<i>QN</i> (42 artigos)	<i>JBCS</i> (36 artigos)	Total (78 artigos)	% do total
Contaminação ambiental e da biota	28	23	51	65,4
Nutrientes, lixo & esgoto	6	1	7	
Derivados de petróleo	5	8	13	
Metais	17	14	30	
Desenvolvimento de métodos	11	10	21	26,9
Orgânicos	2	2	04	
Inorgânicos	9	8	01	
Processos oceanográficos e sedimentares	3	3	6	7,7
Caracterização de massas d'água	0	0	0	0

Tabela 7. Participação das diferentes instituições de origem dos trabalhos publicados em *Química Nova* e no *Journal of the Brazilian Chemical Society*

Artigos	<i>QN</i>	<i>JBCS</i>	Total
UFF	07	11	18
UFSC	06	09	15
PUC-RJ	06	07	13
USP	07	03	10
UFC	07	02	09
UFBA	03	04	07
UFRJ	04	02	06
UNICAMP	04	01	05
Outras IES Nacionais	13	13	27
Centros de Pesquisa	05	06	12
Instituições Estrangeiras	04	05	09

JBCS, majoritariamente em parceria com instituições brasileiras. Estes resultados confirmam a importância destes dois periódicos na divulgação da química do mar no Brasil.

IMPACTO DA PRODUÇÃO BRASILEIRA EM QUÍMICA DO MAR

A produção brasileira em química do mar revisada neste estudo confirma o crescimento da inserção mundial da atividade científica brasileira. Um levantamento, utilizando-se as mesmas palavras-chave utilizadas na pesquisa da plataforma Lattes, realizado na *Web of Science* resultou em um total de quase 10.000 artigos publicados entre 1978 e 2009. Mesmo levando-se em consideração a limitação de tal levantamento, a produção brasileira realizada por químicos na área de oceanografia representa pelo menos 5% daquele total. Entretanto, isto representa mais do dobro da contribuição total brasileira, em torno de 2%, para a ciência mundial. Os cerca de 10.000 artigos encontrados apresentam um número médio de citações de 15. Considerando-se como um índice arbitrário de elevado impacto de um artigo correspondendo a pelo menos três vezes a média da área, foram encontrados pelo menos 15 artigos neste patamar de citação (Tabela 8). O foco destes artigos não segue o padrão de distribuição quantitativa verificado na produção total brasileira na área com apenas 1 artigo dedicado à contaminação ambiental. Quatro artigos têm como foco o desenvolvimento de métodos analíticos, enquanto os demais versam sobre processos químicos nos oceanos, incluindo marcadores moleculares de processos sedimentares e paleoclimáticos, fluxos continentais e atmosféricos de materiais para os oceanos e a química de substâncias orgânicas e elementos inorgânicos no mar.

Principais indutores da participação da Química na Oceanografia no Brasil

O desenvolvimento da oceanografia no Brasil teve suas origens em institutos voltados para a pesquisa em ciências biológicas e no desenvolvimento da pesca, base da formação de todos os programas de graduação e pós-graduação no País. Por exemplo, o primeiro cruzeiro oceanográfico com fins exclusivamente científicos, realizado pelos navios Baependi e Vega da Marinha do Brasil à Ilha da Trindade em 1950, produziu uma enorme quantidade de dados originais sobre esta região do mar brasileiro. Os resultados foram veiculados

em dezenas de trabalhos publicados ao logo das décadas de 1950 e 1960, principalmente no então Boletim do Instituto de Oceanografia do Estado de São Paulo, hoje Instituto Oceanográfico da USP. Apenas um trabalho realizado por Labieno de Barros Machado²⁵ contribuiu com a descrição física e química das águas coletadas na expedição, mesmo assim apenas sua composição geral e em pouquíssimas amostras, comparado ao volume quase enciclopédico produzido a partir dos dados biológicos. Historicamente, a contribuição da química à oceanografia restringia-se em princípio ao desenvolvimento de metodologias analíticas e de amostragem, incluindo a instrumentação, e no âmbito da formação de recursos humanos em ministrar disciplinas básicas da área de química para os cursos de oceanografia recém-implantados ao longo das décadas de 1970 e 1980. Esta interação, entretanto, embora tenha aproximado as duas áreas, não resultou em produção científica significativa.

A partir da década de 1970 alguns fatos, além do surgimento dos primeiros cursos de pós-graduação em oceanografia no país, podem ser considerados fundamentais para o aumento exponencial da importância da química no desenvolvimento da oceanografia no Brasil e de sua produção científica qualificada.

Em 1973, é criada a Secretaria Especial do Meio Ambiente (SEMA) no âmbito federal, como resposta à Reunião de Estocolmo promovida pelas Nações Unidas em 1972. Preocupa-se imediatamente em definir seu papel no contexto nacional promovendo reuniões e seminários e formulando as bases para uma política ambiental, principalmente regulando emissões e diagnosticando e monitorando concentrações ambientais de diversas substâncias poluentes, culminando com a Política Nacional do Meio Ambiente, definida por meio da Lei nº 6.983/81, e com a criação do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) através da lei No 6.938 de 31 de agosto de 1981. Já em 1983 o CONAMA, no uso das atribuições “*considerando a necessidade de aperfeiçoar o atual sistema de classificação e enquadramento das águas interiores e costeiras, no que se refere à sua qualidade, RESOLVE: Determinar à Secretaria Executiva do Conselho que promova estudos sobre o assunto e apresente proposta de Resolução reformulando a Portaria GM 013, do Ministério do Interior. Publicado no Boletim de Serviço nº 921, de 20/07/84, do Ministério do Interior*”. Segue-se a esta resolução a implantação de extensos programas de licenciamento e monitoramento de atividades poluidoras, sob responsabilidade das agências e empresas ambientais estaduais, destacando-se a CETESB (SP), a FEEMA (RJ) e o CRA

Tabela 8. Quinze artigos mais citados originados de profissionais químicos atuando na oceanografia. Total de citações obtido pelo nome do autor químico (sublinhado) nas bases *Web of Science* e *Scopus*, considerando o maior número de citações apresentado nas duas bases

Artigo	IES	Citações
1. <u>Campos, M.L.A.M.</u> ; Vandenberg, C.M.G.; <i>Anal. Chim. Acta</i> 1994 , 284: 481 .	USP-RP	117
2. Conte, M.H.; Eglinton, G.; <u>Madureira, L.A.S.</u> ; <i>Organic Geochem.</i> 1992 , 19, 287.	IQ-UFSC	97
3. Silva, J.B.B.; Silva, M.A.M.; <u>Curtius, A.J.</u> ; Welz, B.; <i>J. Anal. Atomic Spectr.</i> 1999 , 14, 1737.	IQ-UEM; IQ-UFSC	81
4. Azeredo, L.C.; Sturgeon, R.E.; <u>Curtius, A.J.</u> ; <i>Spectrochim. Acta Part B: Atomic Spectroscopy</i> 1998, 48, 91.	IQ-UFSC	80
5. Cauwet, G; Gadel, F; <u>Souza, M.M.S.</u> ; <i>Continen. Shelf Res.</i> 1990 , 10, 1025 .	IQ-UFSC	70
6. Ferreira, S.L.; Lemos, V.A.; Moreira, B.C.; Costa, A.C.S.; <u>Santelli, R.E.</u> ; <i>Anal. Chim. Acta</i> 2000 , 403, 259.	IQ-UFBA IQ-UFF	68
7. Wells, M.; Mayer, L.M.; Donard, O.F.X.; <u>Souza M.M.S.</u> ; Ackelson, S.; <i>Nature</i> 1991 , 353, 248.	IQ-UFSC	63
8. <u>Costa, M.</u> ; Liss, P.; <i>Mar. Chem.</i> 1999 , 68, 87.	IO-UFPE	62
9. <u>Madureira, L.A.S.</u> ; Conte, M.H.; Eglinton, G.; <i>Paleoceanogr.</i> 1995 , 10, 627 .	IQ-UFSC	61
10. Simoneit, B.R.T.; <u>Elias, V.O.</u> ; <i>Mar. Chem.</i> 2000 , 69, 301.	IQ-UFRJ	53
11. Pozebon, D.; Dressler, V.L.; <u>Curtius, A.J.</u> ; <i>J. Anal. Atomic Spectrom.</i> 1998 , 13, 363.	IQ-UFSC	51
12. <u>Souza, M.M.S.</u> ; Donard, O.F.X.; Lamotte, M.; <i>Mar. Chem.</i> 1997 , 58, 51.	IQ-UFSC	51
13. Simoneit, B.R.T.; <u>Cardoso, J.N.</u> ; Robinson, N.; <i>Chemosphere</i> 1991 , 23: 447 .	IQ-UFRJ	50
14. <u>Madureira, L.A.S.</u> ; van Kreveld, S.A.; Eglinton, G.; <i>Paleoceanogr.</i> 1997 , 12, 255.	IQ-UFSC	48
15. Lacerda, L.D.; Pfeiffer, W.C.; <u>Fizman, M.</u> ; <i>Sci.Tot. Environ.</i> 1987 , 6, 163.	IQ-UFF ICCB-UFRJ	45

(BA). A política ambiental, entretanto, apenas com a constituição de 1988 tornar-se-á lei.

A aplicação da resolução em relação aos sistemas de licenciamento de atividades poluidoras enfrenta outro problema de caráter estrutural que dificulta sua imposição. A maior parte dos institutos de pesquisa nas áreas tradicionalmente voltadas ao meio ambiente (Biologia, Ecologia, Oceanografia e Limnologia) não possui o instrumental e o treinamento necessários à implementação destas políticas. Naturalmente, a política nacional de meio ambiente, através da SEMA e das agências estaduais, particularmente no que tange à contaminação ambiental, encontra respaldo nas instituições da área de química e em seus pesquisadores, para a realização dos inventários e monitoramentos, instalação de laboratórios, validação e desenvolvimento de métodos, embora, via de regra, estes institutos e pesquisadores não tenham sido consultados, a priori, quando da formulação da política ambiental propriamente dita.

É emblemática a importância da participação da química na implementação das políticas ambientais voltadas principalmente para o controle e avaliação da poluição ambiental. Uma primeira reunião ao nível nacional, realizada em 1979, sobre a poluição de sistemas aquáticos²⁶ pode ser considerada como um marco da participação da química nos estudos de contaminação marinha.

Destacam-se entre os primeiros grupos envolvidos no estudo de contaminantes no meio marinho os Institutos de Química da PUC-RJ e da UFF, no Rio de Janeiro, o Instituto de Química da UFBA e de químicos trabalhando no Instituto Oceanográfico da USP, além das agências estaduais de meio ambiente, com quem estas instituições universitárias desenvolvem intensa cooperação. Avanços significativos foram obtidos no desenvolvimento de métodos de medição de contaminantes em águas, sedimentos e na biota marinha por espectrofotometria de absorção atômica, potenciometria e cromatografia^{18,27-31} e a caracterização da contaminação ambiental nas áreas críticas do país, particularmente Baía de Todos os Santos (BA),³²⁻³⁵ Baía de Guanabara³⁶⁻⁴¹ e Baía de Sepetiba⁴²⁻⁴⁵ e a região estuarina de Santos.⁴⁶⁻⁴⁹

As primeiras sínteses originadas nestas pesquisas pioneiras são discutidas em dois simpósios internacionais sobre contaminação ambiental *International Symposium on Metals in Coastal Environments of Latin America*, realizado no IQ-UFF em 1986; e o *International Symposium on Tropical marine Chemistry*, realizado no IQ-PUC-RJ, ambos produzindo importantes contribuições internacionais.^{50,51} Em 1994 é publicada uma lista anotada da bibliografia sobre contaminação por metais no litoral do Estado do Rio de Janeiro com 326 títulos, entre teses, relatórios, publicações e monografias.⁵²

Ainda nas décadas de 1970 e 1980 é fundamental para o desenvolvimento das ciências do mar no Brasil e para o aumento da participação da química neste processo o início do programa nuclear energético brasileiro e suas necessidades de diagnóstico e monitoramento ambiental do pioneiro parque energético nuclear de Angra dos Reis (RJ). Neste processo destaca-se a figura de Eduardo Penna Franca, Engenheiro Químico, então chefe do Laboratório de Radioisótopos do Instituto de Biofísica Carlos Chagas Filho (IBCCF) da UFRJ e sua colaboração com a Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) através do Instituto de Radioproteção e Dosimetria (IRD) no Rio de Janeiro. Em São Paulo o Instituto de Pesquisas Nucleares (IPEN) também iniciava a parceria com a USP na área de ciências do mar. As duas instituições da CNEN iniciaram colaborações de longo prazo com instituições universitárias, particularmente o Departamento de Biologia Geral da UFF, o IBCCF da UFRJ e o Instituto Oceanográfico da USP. Desta colaboração resultaram inúmeros trabalhos originais sobre a química marinha de radioisótopos e seus análogos estáveis³⁹ e suas interações com a biota,⁵³⁻⁵⁷ a utilização de traçadores radioativos e metodologias nucleares para o estudo de contaminantes, particularmente seu trânsito através de cadeias

alimentares,^{39,58} o desenvolvimento de métodos analíticos para determinação das concentrações e especiação química de metais em águas e sedimentos marinhos,^{27,30,58} e o monitoramento ambiental marinho para contaminantes químicos.⁵⁹ Mais recentemente esta subárea de atuação ampliou seu escopo de investigação com o uso de traçadores na identificação de massas d'água,⁶⁰ no estudo de misturas de massas d'água de diferentes origens e dos aportes continentais e subterrâneos para os oceanos⁶¹⁻⁶³ e de datação e caracterização de paleoambientes costeiros.⁶⁴ Da mesma forma que nos estudos de contaminação ambiental, a aplicação de radioisótopos avançou para o entendimento da dinâmica de massas d'água oceânicas e de processos costeiros e oceânicos. Uma recente síntese sobre o assunto,⁶⁵ publicada em importante periódico na área da oceanografia (*Estuarine, Coastal & Shelf Science*), é um exemplo do avanço da área.

Um terceiro importante vetor para o aumento da participação da química nas pesquisas oceanográficas foi o início da exploração de petróleo e gás natural na plataforma continental brasileira, a partir das atividades pioneiras na Bacia de Campos. É importante ressaltar que esta atividade inicia seu desenvolvimento exponencial após a promulgação da Constituição de 1988, o que torna obrigatório os estudos de EIA & RIMA e do monitoramento ambiental.

A área da química no Brasil já possuía importante histórico em geoquímica orgânica, tendo participado de grandes programas internacionais e trabalhos voltados ao estudo de bacias sedimentares e processos sedimentares envolvidos na geração de petróleo e gás natural.⁶⁶⁻⁷¹ Com o incremento da exploração *offshore* de petróleo e gás natural, as necessidades analíticas, particularmente na determinação de compostos orgânicos e inorgânicos em concentrações ultrabaixas requer novamente um cuidadoso trabalho de otimização de metodologias, intercalibração e mesmo desenvolvimento de métodos, necessários para a avaliação de eventuais impactos da atividade sobre as concentrações naturais destas substâncias. Mais recentemente, cabe aos institutos de química a avaliação crítica dos resultados gerados por um número cada vez maior de laboratórios empresariais voltados para a geração de análises químicas de rotina para a indústria do petróleo.⁷² São também desenvolvidos estudos sobre o destino de contaminantes derivados da atividade petrolífera em ambientes marinhos, tanto costeiros quanto oceânicos, incluindo transformação, biodegradabilidade, foto-oxidação e solubilização.⁷³⁻⁷⁵

Parte do avanço gerado voltado para a indústria do petróleo é direcionado ao estudo de marcadores ambientais, paleoclimáticos e processos geoquímicos sedimentares, resultando em uma importante contribuição à compreensão de processos oceanográficos, como evidenciado pelo relevante número de publicações na área (Tabela 3), incluindo proporção significativa entre os artigos com maior número de citações (Tabela 8).

Apesar da presença significativa da química no desenvolvimento e otimização de métodos, inclusive incluindo um número significativo entre os trabalhos mais citados (Tabela 8), é relativamente modesta a produção científica relacionada ao desenvolvimento de métodos no que se refere aos compostos orgânicos.

Mesmo quando considerado que grande parte dos estudos publicados é voltada ao entendimento da química de substâncias orgânicas nos oceanos, inexplicavelmente o desenvolvimento desta linha de investigação não induziu avanços significativos no estudo da dinâmica de compostos pesticidas largamente utilizados no Brasil. Pouquíssimos estudos se dedicam a este aspecto em regiões marinhas brasileiras,⁷⁶⁻⁸⁰ tornando este conhecimento ainda praticamente inexistente no País e, sem dúvida, gerando importante área para fomento induzido por parte de agências governamentais.

Um último vetor, porém de extrema relevância para os pesquisadores químicos associados aos programas de pós-graduação em oceanografia, foi a criação e desenvolvimento do Programa Antártico

Brasileiro que iniciou suas pesquisas naquele continente em 1983. No âmbito deste programa foram publicados pelo menos 18 trabalhos em periódicos de ampla circulação. Este número, embora pequeno em relação à produção científica total, é importante ao colocar o Brasil como ator principal na pesquisa antártica. O aprimoramento do programa resultou no programa de monitoramento ambiental da Baía do Almirantado cujos subprojetos diretamente envolvidos com a química do mar incluem a poluição por derivados de petróleo, de marcadores químicos em sedimentos, da qualidade da água antártica e do sequestro de carbono pelo oceano.⁸¹

CONCLUSÕES E SUGESTÕES

A análise da produção científica em oceanografia originada nos profissionais de química no país caracteriza uma área altamente dinâmica, com crescimento até duas vezes maior que a média do crescimento da produção científica brasileira, como um todo, ao longo dos últimos 30 anos. Entretanto, ainda apresenta alguns aspectos de necessária discussão pela comunidade química interessada pelas ciências do mar, inclusive seus setores profissionais representados por suas sociedades.

Alguns aspectos institucionais podem ser evidenciados. Por exemplo, a participação de profissionais químicos no âmbito dos comitês em ciências do mar das agências e programas de formação de recursos humanos (e.g. CAPES) ainda é inexpressivo, resultando na quase exclusão da área em editais de fomento. Da mesma forma, a participação nos fóruns de discussão da legislação ambiental para águas marinhas (e.g. CONAMA; CONEMAS etc...) para definição de métodos e escalas de concentrações realistas, e na proposição de índices de qualidade de águas marinhas também ainda é relativamente restrita.

No âmbito estritamente científico, é desejável uma intensificação da participação em programas de larga envergadura e elevado impacto internacional como no Programa Antártico Brasileiro (PROANTAR) e no Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas (PBMC). Ao não se envolver intensamente a comunidade responsável por parte significativa da produtividade científica da química não ligada aos programas de pós-graduação em ciências do mar, tanto na atuação quanto no planejamento de estratégias de desenvolvimento científico e tecnológico, inibi-se a formulação de respostas às questões de relevante significado científico e estratégico. Estas questões são típicas de programas com abrangência global, que passam necessariamente pelo entendimento de processos químicos no sistema oceânico.

Ao contrário da pesquisa em oceanografia de forma mais ampla, relativamente bem distribuída no país, as desigualdades regionais da atuação de profissionais químicos nas ciências do mar são enormes. Quase 90% da produção científica realizada por este grupo são originadas em menos de 30% do mar brasileiro, especificamente ao longo do litoral dos estados da região sudeste. Ao nível da graduação em química, mesmo quando considerados aqueles cursos com viés em química ambiental, praticamente inexistente o repasse do conhecimento gerado nas pesquisas realizadas no mar aos estudantes. Dado o potencial atual de geração de emprego da área marinha para profissionais em química este fato é extremamente relevante.

No âmbito das pesquisas propriamente ditas, é notável a preponderância de estudos sobre contaminação ambiental, apesar de alguns importantes grupos de contaminantes, como pesticidas e POP's não petrogênicos ainda serem muito pouco estudados. Da mesma forma, o estudo de fenômenos de mistura e da química das interfaces oceânicas também é ainda incipiente. Outros aspectos relativamente pouco abordados por profissionais químicos são aqueles associados às mudanças climáticas globais, como a acidificação oceânica, alterações na contribuição continental de materiais para os oceanos, efeito do aquecimento global sobre a química dos oceanos, entre

outros tópicos de interesse global. A proposição de escola de altos estudos em química do mar seria um interessante ponto de partida para a abordagem destes tópicos multidisciplinares e poderia ser um novo marco de indução para a área.

Concluindo, a contribuição da química e seus profissionais às ciências do mar no Brasil francamente dominadas pelo viés biológico, é até certo ponto surpreendente, caracteriza uma contribuição consistente e em compasso com o desenvolvimento da área ao nível internacional. Entretanto, alguns aspectos levantados necessitam de atenção e deveriam ser tópicos de discussão recorrente no âmbito da Sociedade Brasileira de Química, suas Reuniões Anuais e suas publicações, visto que a falta de uma política estratégica para a área começa a limitar o número total de publicações da área nos últimos anos, quando a produção científica nacional disparou em sua grande maioria.

MATERIAL SUPLEMENTAR

A listagem completa dos trabalhos analisados está disponível gratuitamente em <http://quimicanova.sbq.org.br>, na forma de arquivo .PDF.

AGRADECIMENTOS

Este estudo se enquadra nos objetivos do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Transferência de Materiais Continente-Oceano, Proc. No. 573.601/2008-9, financiado pelo CNPq e baseia-se em conferência proferida durante a 32ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química, realizada em Fortaleza em 02 de Junho de 2009. Discussões com membros da divisão de Química Ambiental da SBQ por ocasião da 32ª RASBQ contribuíram para o aperfeiçoamento de algumas sugestões levantadas.

REFERÊNCIAS

1. Rheinboldt, H.; Azevedo, F. Em *As Ciências no Brasil*; Shubbert, O., ed.; Melhoramentos: São Paulo, 1955, vol. 2, p. 17.
2. Santos, N. P.; *Quim. Nova* **2004**, *27*, 342.
3. Lacerda, L. D.; Santos, N. P.; *ISME/Glomis Electronic J.* **2004**, *4*, 1.
4. Luna, F. J.; *Quim. Nova* **2008**, *31*, 2214.
5. Oliveira, L. P. H.; *Mem. Inst. Oswaldo Cruz.* **1946**, *44*, 441.
6. Sawaya, M. P.; *Mem. Inst. Oswaldo Cruz.* **1949**, *47*, 77.
7. *Proposta Nacional de Trabalho para o Programa de Pós-Graduação em Ciências do Mar*, Ata PGG-Mar de 24/05/06, SECIRM: Brasília, 2006.
8. Lacerda, L. D.; *Rev. Brasil. Pós-Graduação* **2009**, *10*, 241.
9. Cardoso, J. N.; Wardroper A. M. K.; Watts, C. D.; Barnes, P. J.; Maxwell, J. R.; Eglinton, G.; Mound, D. G.; Speers, G. C.; *Reports of the Deep Sea Drilling Project* **1978**, *17*, 617.
10. Carvalho, F. P.; Nham, D. D.; Chuangguang, Z.; Tavares, T. M.; Klaine, S.; *IAEA Bull.* **1998**, *40*, 1.
11. Povinec, P. P.; Burnett, W. C.; Oliveira, J.; *Estuar. Coast. Shelf Sci.* **2008**, *76*, 455.
12. Szefer, P.; Fowler, S. W.; Ikuta, K.; Paez Osuna, F.; Kim, B. S.; Fernandes, H. R. S. M.; *Environ. Pollut.* **2006**, *139*, 70.
13. Melo, A. S.; Bini, L. M.; Carvalho, P.; *Scientometrics* **2006**, *67*, 187.
14. http://www.capes.gov.br/servicos/salaimprensa/noticias/noticia_0709.html, acessada em Abril 2009.
15. Andrade, J. B.; Korn, M. G. A.; Cadore, S.; *Microchem. J.* **2004**, *77*, 101.
16. Andrade, J. B.; Pinto, A. C.; Cadore, S.; Vieira, P. C.; Zucco, C.; Pardini, V. L.; Curi, L. R. L.; *Quim. Nova* **2005**, *28 Supl.*, S7.
17. Torresi, S. I. C.; Pardini, V. L.; Dias, L. C.; Pinto, A. C.; Andrade, J. B.; Magalhães, M. E. A.; Gil, P. E. A.; *Quim. Nova* **2007**, *30*, 491.
18. Horta, A. M. T. C.; Curtius, A. J.; *Quim. Nova* **1978**, *1*, 33.
19. Barros, A. M. A.; Barros, A. B.; Kerfourn, M. T. M.; *Quim. Nova* **1993**, *4*, 1.

20. Seidl, P.; Fonseca, A. F. M.; Gomes, H. E.; Lima, I. M. C.; *Quim. Nova* **1979**, 2, 91.
21. Bechara, E.; *Quim. Nova* **1992**, 15, 117.
22. Weber, R. R.; *Quim. Nova* **1992**, 15, 137.
23. Tavares, T. M.; Carvalho, F. M.; *Quim. Nova* **1992**, 15, 147.
24. Andrade, J. B.; *Quim. Nova* **1992**, 15, 173.
25. Machado, L. B.; *Bol. Inst. Paul. Oceanogr.* **1951**, 2, 95.
26. SEMA; *Seminário sobre Poluição por Metais Pesados*, Secretaria Especial do Meio Ambiente, Brasília, 1980.
27. Weber, R. R.; *Bol. Inst. Oceanogr.* **1983**, 32, 105.
28. Fiszman, M.; Pfeiffer, W. C.; Carbonnel, N.; *An. Acad. Brasil. Ciênc.* **1981**, 53, 303.
29. Horta, A. M. T. C.; Curtius, A. J.; *Anal. Chim. Acta* **1978**, 96, 207.
30. Acebal, S. A.; Wagener, A. L. R.; *Anal. Chim. Acta* **1983**, 148, 71.
31. Fiszman, M.; Pfeiffer, W. C.; Lacerda, L. D.; *Environ. Technol. Lett.* **1984**, 5, 567.
32. Carvalho, F. M.; Tavares, T. M.; *Ciênc. Cult.* **1983**, 35, 360.
33. Carvalho, F. M.; Tavares, T. M.; Menezes, G. M.; *Ciênc. Cult.* **1985**, 37, 2063.
34. Carvalho, F. M.; Tavares, T. M.; Souza, S. P.; Linhares, P.; *Environ. Res.* **1984**, 33, 300.
35. Tavares, T. M.; Rocha, V. C.; Porte, C.; Barceló, D.; Albaigés, J.; *Mar. Pollut. Bull.* **1988**, 19, 575.
36. Wagener, A. L. R.; Haeckel, W.; Moreira, I. M. N. S.; Santelli, R. C.; Schroeder, F.; *Mar. Chem.* **1986**, 18, 215.
37. Alevato, S.; Acebal, S. A.; Wagener, A. L. R.; *Quim. Nova* **1981**, 4, 70.
38. Alevato, S. J.; Wagener, A. L. R.; *Talanta* **1981**, 28, 909.
39. Pfeiffer, W. C.; Fiszman, M.; Carbonnel, N.; *Environ. Pollut.* **1980**, 1, 117.
40. Lacerda, L. D.; Pfeiffer, W. C.; Fiszman, M.; *Braz. J. Biol.* **1979**, 39, 985.
41. Pfeiffer, W. C.; Fiszman, M.; Lacerda, L. D.; Weerelt, M. V.; Carbonnel, N.; *Environ. Pollut.* **1982**, 4, 193.
42. Lacerda, L. D.; Abrão, J. J.; *Rev. Brasil. Bot.* **1984**, 7, 49.
43. Lacerda, L. D.; Pfeiffer, W. C.; Fiszman, M.; *Environ. Technol.* **1985**, 6, 123.
44. Pfeiffer, W. C.; Lacerda, L. D.; Fiszman, M.; Lima, N. R. W.; *Ciênc. Cult.* **1985**, 37, 297.
45. Lacerda, L. D.; Pfeiffer, W. C.; Fiszman, M.; *Sci. Total Environ.* **1987**, 65, 163.
46. Weber, R. R.; *Atlântica* **1982**, 5, 127.
47. Gonçalves, M. S.; Ito, R. G.; Nishihara, L.; Pinheiro, E. A.; Tavares Jr., W.; Ambrósio Jr., O.; Joekes, I.; *Bol. Inst. Oceanogr.* **1980**, 29, 9.
48. Weber, R. R.; Bicego, M. C.; *Bol. Inst. Oceanogr.* **1991**, 39, 117.
49. Weber, R. R.; *Mar. Pollut. Bull.* **1983**, 14, 274.
50. Seeliger, U.; Lacerda, L. D.; Pfeiffer, W. C.; Pachineelam, S. R.; *Metals in Coastal Environments of Latin America*, Springer Verlag: Berlin, 1988.
51. Wagener, A. L. R.; Nriagu, J. O.; *Sci. Total Environ.* **1988**, 75, 1.
52. Lacerda, L. D.; Graça, N. M.; Quintanilha, M. C. P.; *Bibliografia sobre a Contaminação Ambiental por Metais Pesados em Ambientes Costeiros do Estado do Rio de Janeiro*, Instituto de Química, UFF: Niterói, 1994.
53. Weerelt, M. V.; Pfeiffer, W. C.; Fiszman, M.; *Mar. Environ. Res.* **1984**, 11, 201.
54. Guimarães, J. R. D.; Penna-Franca, E.; *Mar. Environ. Res.* **1984**, 16, 77.
55. Santos, A. C. S.; Guimarães, J. R. D.; Gouvêa, V. A.; Penna-Franca, E.; *Sci. Tot. Environ.* **1988**, 75, 225.
56. Moraes, R. B. C.; Mayr, L. M.; Penna Franca, E.; *Fresenius Environ. Bull.* **1992**, 1, 779.
57. Magalhães, V. F.; Karez, C. S.; Guimarães, J. R. D.; Pfeiffer, W. C.; *Fresenius Environ. Bull.* **1993**, 2, 200.
58. Godoy, J. M.; Godoy, M. L. D. P.; Carvalho, Z. L.; *J. Radioanal. Nuclear Chem.* **1995**, 200, 545.
59. Penna Franca, E. P.; Pfeiffer, W. C.; Fiszman, M.; Lacerda, L. D.; *Ciênc. Cult.* **1984**, 36, 215.
60. Oliveira, J.; Burnett, W. C.; Mazzilli, B. P.; Braga, E. S.; Farias, L.; Christoff, J.; Furtado, V. V.; *J. Environ. Radioact.* **2003**, 69, 37.
61. Godoy, J. M.; Moreira, I.; Bragança, M.; Mendes, L. D.; *J. Radioanal. Nuclear Chem.* **1998**, 227, 157.
62. Burnett, W. C.; Aggarwal, P. K.; Aureli, A.; Bokuniewicz, H.; Cable, J. E.; Charette, M.; Kontar, E.; Krupa, S.; Kulkarni, K. M.; Moore, W. S.; Oliveira, J.; *Sci. Total Environ.* **2006**, 367, 498.
63. Burnett, W. C.; Peterson, R.; Moore, W. S.; Oliveira, J.; *Estuar. Coast. Shelf Sci.* **2008**, 76, 501.
64. Godoy, J. M.; Carvalho, Z. L.; Fernandes, F. C.; Danelon, O. M.; Ferreira, A. C. M.; Roldão, L. A.; *J. Environ. Radioact.* **2003**, 70, 193.
65. Povinec, P. P.; Burnett, W.; Oliveira, J.; *Estuar. Coast. Shelf Sci.* **2008**, 76, 455.
66. Cardoso, J. N.; Brooks, P. W.; Elinton, G.; Goodfellow, R.; Maswell, J. R.; Philp, R. P.; *Environ. Biogeochem.* **1976**, 1, 149.
67. Cardoso, J. N.; Watts, C. D.; Maswell, J. R.; Eglinton, G.; Goodfellow, R.; Golubic, S.; *Chem. Geol.* **1978**, 23, 273.
68. Cardoso, J. N.; Rodrigues, R.; Trindade, L. A. F.; Aquino Neto, F. R.; *Organic Geochem.* **1988**, 13, 707.
69. Conte, M. H.; Eglinton, G.; Madureira, L. A. S.; *Organic Geochem.* **1991**, 19, 287.
70. Conte, M. H.; Madureira, L. A. S.; Eglinton, G.; Kenn, D.; Rendall, C.; *Organic Geochem.* **1994**, 22, 979.
71. Conte, M. H.; Eglinton, G.; Madureira, L. A. S.; *Phil. Trans. Biol. Soc.* **1995**, 348, 169.
72. Jardim, W. F.; Sodré, F. F.; *Quim. Nova* **2009**, 32, 1083.
73. Francioni, E.; Wagener, A. L. R.; Scofield, A. L.; Cavalier, B.; *Mar. Pollut. Bull.* **2007**, 54, 329.
74. Ziulli, R. L.; Jardim, W. F.; *J. Photochem. Photobiol. A* **2002**, 147, 205.
75. Ziulli, R. L.; Jardim, W. F.; *J. Photochem. Photobiol. A* **2003**, 155, 243.
76. Japenga, J.; Wagenaar, W. J.; Salomons, W.; Lacerda, L. D.; Patchineelam, S. R.; Leitão Filho, C. M.; *Sci. Total Environ.* **1988**, 75, 249.
77. Montone, R. C.; Taniguchi, S.; Boian, C.; Weber, R. R.; *Mar. Pollut. Bull.* **2005**, 50, 778.
78. Nomata, O. N.; Montone, R. C.; Lara, W. H.; Weber, R. R.; Toledo, H. B.; *Antartic Sci.* **1996**, 8, 253.
79. Brito, A. P. X.; Bruning, I. M. R. A.; Moreira, I.; *Mar. Pollut. Bull.* **2002**, 44, 79.
80. Yogui, G. T.; Santos, M. G.; Montone, R. C.; *Sci. Total Environ.* **2003**, 312, 67.
81. MMA; *O Brasil e o Meio Ambiente Antártico*, Ministério do Meio Ambiente: Brasília, 2007.